ภาคผนวก ก.

วิธีการวิเคราะห์

1. การวิเคราะห์ความชื้น (ตามวิธีการของ AOAC, 1990)

1. นำขวดชั่งเข้าตู้อบอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 40 นาที และทำให้เย็นในโถดูดความชื้น

2. ชั่งและบันทึกน้ำหนักของขวดชั่งโดยละเอียด

3. ชั่งตัวอย่างใส่ขวดชั่งประมาณ 5 กรัม โดยบันทึกน้ำหนักอย่างละเอียด

4. นำตัวอย่างเข้าตู้อบ โดยใช้อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

5. นำตัวอย่างที่อบแล้วใส่โถดูดความชื้นทิ้งไว้ให้เย็น บันทึกน้ำหนักของตัวอย่าง

6. ทำซ้ำตามข้อ 1 ถึง 5 จนกระทั่งน้ำหนักที่ได้คงที่ โดยน้ำหนักที่หายไปคือน้ำหนักของความชื้น

คำนวณ % ความชื้นด้วยสมการ

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(a - b) \times 100}{w}$$

เมื่อ a = น้ำหนักของอาหารและขวดชั่งก่อนอบแห้ง (กรัม)

b = น้ำหนักของอาหารและขวดชั่งหลังอบแห้ง (กรัม)

w = น้ำหนักของอาหารก่อนอบ (กรัม)

2. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (ตามวิธีการของ AOAC, 1990)

1. ชั่งตัวอย่างอาหาร 2 กรัม ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ

2. นำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จนเถ้าเป็นสีขาว

3. นำเข้าโถอบแห้ง เพื่อให้ดูดความชื้น และเมื่อตัวอย่างอาหารเย็นดีแล้ว นำออกชั่งทันที

คำนวณ % เถ้าด้วยสมการ

$$\% \text{ เถ้า} = \frac{(b - a) \times 100}{w}$$

เมื่อ a = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบ

b = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบกับน้ำนักของเถ้าภายหลังการเผา

w = น้ำหนักของอาหารก่อนเผา

3. การวิเคราะห์หาโปรตีน (ตามวิธีการของ AOAC, 1990)

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริก (sulfuric acid, H_2SO_4) เข้มข้น 93 - 98 %

2. สารเร่งรวม (catalyst mixture): เตรียมโดย ชั่งคอปเปอร์ซัลเฟต (copper sulfate, $CuSO_4$) 7 กรัม กับโพแตสเซียมซัลเฟต (potassium sulfate, K_2SO_4) 100 กรัม ผสมให้เข้ากัน

3.โซเดียมไฮดรอกไซด์ 45% (sodium hydroxide, NaOH): เตรียมโดย ละลาย 450 กรัม ของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ชนิดเกล็ดลงในน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร

4. สารละลายกรดเกลือ (hydrochloric acid, HCl) 0.1 นอร์มอล: เตรียมโดย ละลายกรดเกลือ 9 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

5. กรดบอริค (boric acid, H_3BO_3) 4%: เตรียมโดย ต้มน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ให้ร้อนแล้วใส่ผงกรดบอริคลงไป 40 กรัม ต้มจนละลายหมด ทิ้งไว้จนสารละลายเย็นลงแล้วจึงเติมน้ำกลั่นให้ครบ 1000 มิลลิลิตร

6. อินดิเคเตอร์รวม (mixed indicator): เตรียมโดยละลายเมทธิลเรด (methyl red) 0.2 กรัม ในแอลกอฮอล์ 95% ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร และละลายเมทธิลีนบลู (methylene blue) 0.2 กรัม ในแอลกอฮอล์ 95% ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายเมทธิลเรด 2 ส่วน ผสมกับสารละลายเมทธิลีนบลู 1 ส่วน เขย่าให้เข้ากัน

7. เมทิลออเรนจ์ อินดิเคเตอร์ (methyl orange indicator): เตรียมโดยละลายเมทิลออเรนจ์ 0.1 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

8. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate, Na_2CO_3) 0.1 นอร์มอล : เตรียมโดย อบโซเดียมคาร์บอเนตที่อุณหภูมิ 260 - 270 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ชั่งสารมา 1.325 กรัม เติมน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 250 มิลลิลิตร

วิธีการ

ก. ขั้นตอนการย่อย (digestion)

1. ชั่งตัวอย่างอาหารให้ได้น้ำหนักประมาณ 1 กรัม โดยชั่งด้วยกระดาษกรองที่ปราศจากสารไนโตรเจนแล้วใส่ในขวดแก้ววิเคราะห์โปรตีน

2. เติมสารเร่งรวม 10 กรัม เพื่อเป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยาการย่อย

3. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร

4. นำไปย่อยด้วยชุดเครื่องย่อยโปรตีน ที่อุณหภูมิ 375 องศาเซลเซียส กระทั่งสารละลายในขวดแก้ววิเคราะห์โปรตีนใส ทิ้งไว้ให้เย็น

ข. ขั้นตอนการกลั่น (distillation)

1. เมื่อสารละลายเย็นดีแล้ว จึงเติมน้ำกลั่นลงไปให้ได้ปริมาตรประมาณ 300 มิลลิลิตร

2. ใส่ลูกแก้ว 2 ลูก เพื่อป้องกันการกระแทกของสารละลาย

3. ต่อขวดแก้ววิเคราะห์โปรตีนเข้ากับเครื่องกลั่นที่มีขวดปากแคบวัดปริมาตร ซึ่งมีกรดบอริค 40 มิลลิลิตรอยู่ โดยให้ปลายของหลอดแก้วที่ต่อจากกระบอกแก้วควบแน่นจุ่มอยู่ในกรดบอริค เติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในขวดแก้ววิเคราะห์ช้าๆ จนกระทั่งสารละลายมีสีดำ

4. ใส่อินดิเคเตอร์ในกรดบอริค 2 - 3 หยด

5. ทำการกลั่นจนกระทั่งไม่มีแก๊สแอมโมเนียออกมาแล้วทำการกลั่นต่อไปอีก 10 นาที แล้วล้างปลายเครื่องกลั่นด้วยน้ำกลั่น นำขวดปากแคบวัดปริมาตรออกจากเครื่องกลั่น

ค. ขั้นตอนการไตเตรท (titration)

1. นำไปไตเตรทด้วยกรดเกลือมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น (0.1 นอร์มอล) จนถึงจุดยุติ (end point) โดยใช้อินดิเคเตอร์รวม สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินอ่อน

2. จดปริมาตรของกรดเกลือไว้เพื่อคำนวณต่อไป

การคำนวณ

$$\% \text{ โปรตีน} = \frac{1.4 \times (V_1 - V_2) \times N \times 6.25}{W}$$

เมื่อ V_1 = ปริมาตรของกรดมาตรฐานที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง

V_2 = ปริมาตรของกรดมาตรฐานที่ใช้ไตเตรทตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบ

N = เป็นความเข้มข้นของกรดเกลือเป็นนอร์มอล

W = น้ำหนักตัวอย่างอาหาร

การตรวจหาความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือมาตรฐาน

ดูดสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 40 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เติมเมทิลออเรนจ์ อินดิเคเตอร์ 2 - 3 หยด ทำการไตเตรทด้วยสารละลายกรดเกลือ 0.1 นอร์มอล คำนวณความเข้มข้นของสารละลายกรดเกลือโดยใช้สูตร

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

N_1 = ความเข้มข้นของสารละลายที่จะปรับค่า N_2= ความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องการ

V_1 = ปริมาตรของสารละลายที่จะปรับค่า V_2= ปริมาตรของสารละลายที่ต้องการ

4. การวิเคราะห์หาไขมัน (ใช้เครื่อง Soxtec System HT6)

สารเคมี

1.ไตรคลอโรเอททิลีน (Trichloroethylene)

วิธีการ

1. อบถ้วยพร้อมลูกแก้ว ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส 8 ชั่วโมงทิ้งไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น

2. อบตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 คืน ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น

3. ชั่งน้ำหนักถ้วยพร้อมลูกแก้ว (w_1)

4. ชั่งตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ใส่กระดาษกรองประมาณ 1 - 2 กรัม (w_2) ห่อให้มิดชิดใส่ลงในไส้กรอง (thimble) ที่เตรียมไว้ นำไปใส่เข้าเครื่อง Soxtec System HT6

5. นำถ้วยพร้อมลูกแก้วที่ชั่งน้ำหนักไว้แล้วมาเติมไตรคลอโรเอททิลีน ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วใส่เข้าเครื่องให้เรียบร้อย

6. เปิดเครื่อง ปรับอุณหภูมิไปที่ 160 องศาเซลเซียส เปิดน้ำเข้าเครื่อง เปิดวาล์ว เลื่อนปุ่มไปที่ boiling ต้มให้เดือด 30 นาที

7. เลื่อนปุ่มไปที่ rinsing เพื่อล้างตัวอย่าง 20 นาที

8. ปิดวาล์ว เปิดสวิทซ์อากาศ เลื่อนปุ่มไปที่ evaporation เพื่อให้สารระเหยออกไป 5 นาที

9. ปิดเครื่อง อากาศและน้ำ แล้วเลื่อนปุ่ม evaporation กลับที่เดิม นำถ้วยออกจากเครื่องแล้วนำไปอบที่ 100 องศาเซลเซียสจนแห้ง

10. นำถ้วยออกมาใส่โถดูดความชื้น ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก (w_3)

การคำนวณหา % ไขมัน

$$\% \text{ ไขมัน} = \frac{w_3 - w_1 \times 100}{w_2}$$

เมื่อ w_1 = น้ำหนักถ้วยพร้อมลูกแก้ว

w_2 = น้ำหนักตัวอย่าง

w_3 = น้ำหนักถ้วยพร้อมลูกแก้วและไขมันหลังอบ

5. การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัส (ตามวิธีการของ AOAC, 1990)

สารเคมี

1. กรดสำหรับย่อยตัวอย่าง: เตรียมโดยการชั่งแอมโมเนียมเมตาวานาเดท (ammonium metavanadate, NH_4VO_3) 0.06 กรัมละลายในน้ำที่ปราศจากไอออน (deionized water)ซึ่งเดือดประมาณ 10 มิลลิลิตร วางไว้ให้เย็นแล้วจึงเทลงในส่วนผสมของกรดสองชนิดคือ กรดเปอร์คลอริค (perchloric, $HClO_4$) เข้มข้น (70-72%) ปริมาตร 250 มิลลิลิตร และกรดไนตริก (nitric acid, HNO_3) เข้มข้น(65%) ปริมาตร 1,250 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

2. สารละลายวานาโดโมลิบเดท (vanadomolybdate): เตรียมโดย

2.1 นำแอมโมเนียมโมลิบเดท (ammonium molybdate): 40 กรัม ละลายในน้ำเดือดที่ปราศจากไอออนซึ่งมีปริมาตร 400 มิลลิลิตร วางทิ้งไว้ให้เย็น

2.2 นำแอมโมเนียมเมตาวานาเดท: 2 กรัม ละลายในน้ำเดือดที่ปราศจากไอออน ซึ่งมีปริมาตร 300 มิลลิลิตร วางทิ้งไว้ให้เย็น เติมกรดไนตริกเข้มข้น 160 มิลลิลิตร

2.3 ผสมสารละลายในข้อ 2.2 ลงในสารละลายในข้อ 2.1 ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนให้ได้ 1000 มิลลิลิตร เก็บสารละลายไว้ในขวดสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปใช้จะเจือจางสารละลายข้างต้นด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนในอัตราส่วน (วานาโดโมลิบเดท:น้ำ) 1 : 3

3. สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (standard phosphorus) 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร : เตรียมโดยละลายโพแตสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (potassium dihydrogen phosphate, KH_2PO_4) ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง ปริมาณ 4.380 กรัม ในน้ำที่ปราศจากไอออนปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

4. เวิร์คกิ้ง สแตนดาร์ด ฟอสฟอรัส (working standard phosphorus) ความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร: เตรียมโดยนำสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (จากข้อ 3) ปริมาตร 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 และ 3.0 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมกรดเปอร์คลอริคเข้มข้น 20 % ปริมาตร 20 มิลลิลิตร (กรดเปอร์คลอริคเข้มข้น 20 % เตรียมโดยละลายกรดเปอร์คลอริคเข้มข้น (70–72 %) ปริมาตร 282 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร) ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออนให้ครบ 100 มิลลิลิตร จะได้สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส ที่มีความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร

วิธีการ

. ขั้นตอนการย่อย (digestion)

1. ชั่งตัวอย่างที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ปริมาณ 200- 300 มิลลิกรัม ใส่ในขวดชมพู่ขนาด 50 มิลลิลิตร

2. เติมกรดย่อย (จากข้อ 1 ในหัวข้อสารเคมี) ปริมาตร 15 มิลลิลิตร วางทิ้งไว้อย่างน้อย 2 ชั่วโมง

3. นำไปย่อยบนแผ่นให้ความร้อน (hot plate) ค่อยๆปรับความร้อนให้ได้ 80 องศาเซลเซียส ระยะแรกจะเห็นควันสีน้ำตาล ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาของกรดไนตริกกับอินทรีย์คาร์บอน เมื่อควันสีน้ำตาลหมดปรับอุณหภูมิเป็น 190 องศาเซลเซียส จะสังเกตเห็นควันสีขาวของกรดเปอร์คลอริค การย่อยจะสิ้นสุดเมื่อสารละลายในขวดชมพู่ใส และเมื่อวางทิ้งไว้ให้เย็นแล้วหยดน้ำที่ปราศจากไอออนลงในสารละลายในขวดชมพู่จะได้สารละลายใส

4. ปรับปริมาตรของสารละลายในขวดชมพู่ด้วยน้ำที่ปราศจากไอออนให้ได้ปริมาตร 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

5. เก็บสารละลายที่ผ่านการย่อยและปรับปริมาตรแล้วไว้ในขวดพลาสติกขนาด 100 มิลลิลิตรเพื่อรอการนำไปวิเคราะห์ฟอสฟอรัส

ข. ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส

1. นำสารละลายตัวอย่างที่ผ่านการย่อยแล้ว และเวิร์คกิ้ง สแตนดาร์ด ฟอสฟอรัส ความเข้มข้น 0, 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดขนาด 10 มิลลิลิตร

2. เติมสารละลายวานาโดโมลิบเดท (1:3) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน วาง

ทิ้งไว้ 20 นาที

3. นำสารละลายในหลอดมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวช่วงคลื่น 420 นาโนเมตร โดยปรับค่าความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้เท่ากับค่าการดูดกลืนแสงที่ 0 เปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างกับกราฟมาตรฐานที่ได้จากการเตรียมสารละลายมาตรฐาน

เมื่อได้ค่าของฟอสฟอรัสในตัวอย่างแล้วนำค่าปริมาณฟอสฟอรัสมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสตามสูตร

% ฟอสฟอรัส = (X - B) x V x 100 / 1000 x W

เมื่อ X = ปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร)

B = ปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน(มิลลิกรัมต่อลิตร)

V = ปริมาตรของตัวอย่างที่ปรับปริมาตรหลังจากการย่อย (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

หมายเหตุ

1. การตรวจสอบวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่าง สามารถทำการตรวจสอบได้โดยการนำตัวอย่างที่ทราบปริมาณฟอสฟอรัสที่แน่นอน ทำการย่อยและวิธีเคราะห์หาปริมาตรฟอสฟอรัสพร้อมกับชุดตัวอย่างที่ต้องการทราบค่า หากตัวอย่างที่ทราบ ปริมาณฟอสฟอรัสที่แน่นอนไม่ได้ค่าตามที่กำหนดไว้ จะต้องทำการย่อยและวิธีเคราะห์ใหม่ จนกว่าตัวอย่างที่ทราบปริมาณฟอสฟอรัสที่แน่นอนจะได้ค่าตามที่กำหนด

2. สำหรับสารละลายตัวอย่างที่ค่าความดูดกลืนแสงไม่อยู่ในช่วงกราฟมาตรฐาน ให้ทำการเจือจางสารละลายตัวอย่าง จนกว่าจะได้ค่าการดูดกลืนแสงที่อยู่ในช่วงกราฟมาตรฐาน (เช่น ตัวปลาและกระดูกปลา ทำการเจือจางเป็น 4 เท่า) และต้องคูณจำนวนเท่าของการเจือจางในสูตรการคำนวณข้างต้น

6. การวิเคราะห์โครมิคออกไซด์ (ปรับปรุงจากวิธีการของ Furukawa and Tsukahara, 1966)

สารเคมี

1. กรดไนตริกเข้มข้น
2. กรดเปอร์คลอริคเข้มข้น

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่าง 50 ถึง 100 มก. ใส่ในขวดรูปชมพู่ ขนาด 50 มิลลิลิตร

2. เติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 - 8 มิลลิลิตร นำไปย่อยที่อุณหภูมิประมาณ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 190 องศาเซลเซียส จนหมดควันสีน้ำตาล หรือสารละลายใส และมีตะกอนสีเขียว หากสารละลายยังไม่ใสหรือมีสีเขียวให้เติมกรดไนตริกเพิ่มแล้วย่อยต่อ

3. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติมกรดเปอร์คลอริคเข้มข้น 3 มิลลิลิตร นำไปย่อยอีกครั้ง จนสารละลายในขวดเปลี่ยนเป็นสีส้มแดง ย่อยต่ออีกจนหมดควันสีขาว เมื่อตั้งทิ้งไว้ให้เย็นจะเห็นคราบสีแดงภายในขวด

4. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่น และปรับปริมาตรสารละลายให้ครบ 25มิลลิลิตร

5. นำสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 350 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับน้ำกลั่น

ก. คำนวณค่าปริมาณโครมิคออกไซด์โดยใช้สมการ (FURUKAWA AND TSUKAHARA, 1966 อ้างโดย FAO, 1994)

$$x=(1/4)\ [(Y-0.0032)/0.2089]$$

เมื่อ y = ค่าการดูดกลืนแสง

x = ปริมาณโครมิคออกไซด์ (มิลลิกรัมต่อ100 มิลลิลิตร)

0.0032 และ 0.2089 เป็นค่าคงตัว

ข. คำนวณปริมาณโครมิคออกไซด์ในตัวอย่าง

ปริมาณโครมิคออกไซด์ในตัวอย่าง = 100 (ปริมาณโครมิคออกไซด์ในจากข้อก. / น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มิลลิกรัม))

7. การวิเคราะห์พลังงาน (บอมบ์คาลอรีมีเตอร์; Bomb Calorimeter)

1. ชั่งตัวอย่างที่อัดเม็ดเตรียมไว้ โดยใส่ตัวอย่างในถ้วย (โลหะ) หักน้ำหนักของถ้วยออกก่อน

2. นำถ้วยใส่ตัวอย่างวางในช่องใส่ถ้วย จากนั้นจึงต่อลวด Firing-wire ความยาว 6 ซม.เข้ากับขั้วไฟฟ้า แล้วจึงต่อด้ายความยาว 12 ซม. เข้ากับลวด โดยนำปลายด้ายด้านหนึ่งวางในถ้วยใส่ตัวอย่าง หลังจากนั้นจึงนำเม็ดตัวอย่างมาวางทับ

3. เติมน้ำใส่ใน bomb 1 ml แล้วปิดฝาโดยวิธีขันเกลียว (ห้ามใช้ประแจเพราะประเกนกันรั่วจะฉีกขาด)

4. เติมออกซิเจนเข้า bomb ช้า ๆ จนกระทั่งความดันถึง 20 บาร์

5. เติมน้ำในถังประมาณ 2 ลิตร ยกตั้งในเครื่อง

6. ยกลูก bomb ใส่ในถังน้ำ ให้สังเกตดูว่ามีฟองอากาศผุดออกมาหรือไม่ (ถ้ามีแสดงว่าออกซิเจนรั่วต้องแก้ไข) ถ้าปกติก็ปิดฝาชุดทดลอง

7. ตรวจสอบวงจรไฟฟ้าโดยกดปุ่ม test switch ถ้าปกติ หลอดไฟจะสว่าง

8. ปรับตั้ง Thermometer bridge เพื่อปรับอุณหภูมิของน้ำรอบ bomb กับน้ำหล่อเย็นให้มีค่าเท่ากันโดยหมุนปุ่ม balance ไปตามเข็มจะอุ่นเร็ว หมุนทวนจะอุ่นช้า

9. บันทึกอุณหภูมิที่อ่านจาก Thermometer reader/vibrator ให้ละเอียด 0.001°C

10. เมื่ออุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นกับถังน้ำแช่ bomb เท่ากันแล้ว เครื่องพร้อมจะทำงานให้กด fire switch เพื่อสันดาปอยู่นานประมาณ 3 วินาที หรือจนได้ยินเสียงคริก พร้อมทั้งอ่านอุณหภูมิขณะนั้นด้วย

11. กดปุ่ม test switch เพื่อสอบความปกติของการหลอมละลายของลวดจุดสันดาปโดยถ้าปกติ หลอดไฟจะดับ และระบบควบคุมอัตโนมัติจะทำการปรับอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นให้สมดุลกับน้ำรอบ bomb เพื่อให้เป็น adiabatic process

12. อ่านอุณหภูมิให้ละเอียด 0.001°C พร้อมทั้งบันทึกค่า หลังจากจุดระเบิดแล้ว 5 นาที

13. ยกฝาเครื่องทดลองขึ้น นำ bomb ขึ้นมาตรวจภายในห้องไหม้ และวัดความยาวของลวดที่เหลือ (ระหว่างนี้ระบบน้ำหล่อเย็นยังทำงานอยู่) สังเกตผลการสันดาป ซึ่งอาจเกิดได้ 2 กรณีคือ

ก. ภายใน bomb มีแต่หยดน้ำเหลืออยู่แสดงว่าการทดลองเป็นการสันดาปอย่างสมบูรณ์ การทดลองสำเร็จผล

ข. ภายใน bomb มีเขม่าดำ หรือเห็นเศษตัวอย่างค้างอยู่ แสดงว่าการสันดาป ไม่สมบูรณ์ การทดลองล้มเหลว ต้องทำใหม่ซ้ำอีกรอบตามวิธีการเดิม

การคำนวณผลการทดลอง

$$\text{ค่าพลังงานความร้อน} = \frac{(\text{Heat capacity x อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของตัวอย่าง}) - \text{พลังงานด้าย} - \text{พลังงานลวด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}}$$

$$\text{Heat Capacity} = \frac{(26441.6 \times \text{น้ำหนัก Benzoic}) + 58.58 + 12.55 \text{ หน่วย Joules/}^{\circ}\text{C}}{\text{อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น}}$$

ค่าพลังงานด้ายต่อความยาว 12 ซม. = 58.58 joules /°C

ค่าพลังงานลวดต่อความยาว 6 ซม. = 12.55 joules /°C

หมายเหตุ 1Cal = 1.48 Joules

8. การวิเคราะห์เยื่อใย (ใช้เครื่อง Fibertec system)

สารเคมี

1. กรดซัลฟูริก 0.128 M: เตรียมโดยเจือจางกรดซัลฟูริกเข้มข้น 7 มิลลิลิตร ในน้ำปราศจากอิออน ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

2. โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 0.223 M: เตรียมโดยชั่งโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ 12.512 กรัม ละลายในน้ำปราศจากอิออน ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

3. ออกทานอล (1-Octanol reinst)

4. อะซิโตน (actone)

วิธีการ

1. นำถ้วยกระเบื้องเคลือบ ไปอบที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (ถ้าถ้วยกระเบื้องเคลือบสกปรกมากให้นำไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ประมาณ 3 ชั่วโมง

2. ชั่งน้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบ (W_1) ชั่งน้ำหนักตัวอย่างประมาณ 1-2 กรัม (W_2) ใส่ในถ้วยกระเบื้องเคลือบ นำไปใส่เข้าเครื่อง Fibertec system

3. เติมกรดซัลฟูริก ปริมาตร 150 มิลลิลิตร หยดออกทานอล 2-3 หยด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดฟองขณะเดือด

4. เปิดเครื่อง และน้ำเข้าเครื่อง เปิดความร้อนจนสุดสเกล และเลื่อนวาล์วทุกตัวให้อยู่ในตำแหน่งปิด ต้มให้สารละลายเดือดเต็มที่ แล้วลดความร้อนลงเหลือประมาณ 4.5 ต้มนานประมาณ 30 นาที จากนั้นปิดเครื่องแล้วกรองสารละลายออกโดยเลื่อนปุ่มไปที่ Vaccunm

5. ล้างตัวอย่างด้วยน้ำอุ่น 3 ครั้ง โดยเติมน้ำอุ่นลงไปแล้วเลื่อนปุ่มไปที่ Vaccunm เพื่อกรองน้ำออก

6. เติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ประมาณ 150 มิลลิลิตร ทำเช่นเดียวกับข้อ 6.2.4-6.2.5

7. ย้ายถ้วยกระเบื้องเคลือบไปที่ cold extraction unit ล้างตัวอย่างด้วยอะซิโตนให้ท่วมตัวอย่างทิ้งไว้สักครู่ แล้วจึงกรองอะซิโตนออก

8. นำถ้วยกระเบื้องเคลือบ ไปอบที่อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส นานครึ่งชั่วโมง

9. นำถ้วยกระเบื้องเคลือบ ไปวางไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น จึงชั่งน้ำหนัก (W_3) แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่งโมง

10. นำถ้วยกระเบื้องเคลือบ ไปวางไว้ให้เย็นในโถดูดความชื้น จึงชั่งน้ำหนัก (W_4)

การคำนวณหาเยื่อใยด้วยสมการ

$$\text{เยื่อใย (\%)} = \frac{(W_3 - W_4) \times 100}{W_2}$$

เมื่อ W_2 = น้ำหนักของตัวอย่าง

W_3 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบ พร้อมตัวอย่างหลังการอบ

W_4 = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบ พร้อมตัวอย่างหลังการเผา

9. การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

9.1 การวิเคราะห์ค่าความเป็นด่างของน้ำ (ตามวิธีการของ Boyd and Tucker, 1992)

สารเคมี

1. ฟีนอล์ฟทาลีน อินดิเคเตอร์ (phenolphthalein indicator): เตรียมโดยละลายฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) 0.5 กรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์ 95 % จนได้ปริมาณครบ 100 มิลลิลิตร

2. เมทิลออเรนจ์ อินดิเคเตอร์: เตรียมโดยละลายเมทิลออเรนจ์ 0.5 กรัม ในน้ำกลั่นที่กำจัดอิออนแล้ว จนได้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร

3. เมทิลเรด อินดิเคเตอร์: เตรียมโดยละลายเมทิลเรด 0.5 กรัม ในน้ำกลั่นที่กำจัดอิออนแล้ว จนได้ปริมาตรครบ 100 มิลลิลิตร

4. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.2 นอร์มอล: เตรียมโดยค่อยๆ เทกรดซัลฟูริกเข้มข้น 6 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น (ที่ต้มเดือดใหม่ๆ แล้งเปิดฝาทิ้งให้เย็น) ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร

5. สารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต 0.2 นอร์มอล: เตรียมโดยชั่งโซเดียมคาร์บอเนตซึ่งอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที หรือที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้งทำให้เย็นในโถดูดความชื้นจำนวน 10.6 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดใหม่ๆ ปิดฝาแล้วทำให้เย็น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1 ลิตร

การตรวจหาความเข้มข้นของสารละลาย

1. ดูดสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต 0.2 นอร์มอล ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร

2. หยดเมทิลเรด อินดิเคเตอร์ 5 หยด เขย่าให้ผสมกันจะได้สารละลายสีเหลือง

3. ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู

4. นำส่วนผสมทั้งหมดไปต้มจนเดือดเป็นเวลาประมาณ 3-5 นาที เพื่อไล่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้หมด สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอีกครั้ง

5. ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกต่อไปจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอีกครั้งหนึ่ง

6. บันทึกปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกทั้งหมดที่ใช้ไป

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก (นอร์มอล)

$$\text{ความเข้มข้น(นอร์มอล)} = \frac{0.2 \times 25}{\text{ปริมาตร(มิลลิลิตร)ของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้}}$$

หลังจากนั้นทำการปรับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.02 นอร์มอล โดยใช้สูตร

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

N_1 = ความเข้มข้นของสารละลายที่จะปรับค่า N_2= ความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องการ

V_1 = ปริมาตรของสารละลายที่จะปรับค่า V_2= ปริมาตรของสารละลายที่ต้องการ

วิธีการวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างน้ำ 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ลิตร

2. หยดฟินอลท์ทาลีน อินดิเคเตอร์ 10 หยด เขย่าให้ผสมกัน

   2.1 ถ้าสารละลายใส ให้ทำข้อ 3 ต่อไป

   2.2 ถ้าสารละลายสีชมพู จะต้องไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกจนกระทั่งสารละลายสีชมพูนั้นหายไป บันทึกปริมาตรที่ใช้ไป (นำไปรวมกันปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริกที่ใช้ไปในข้อ 4) ทำต่อไปในข้อ 3.

3. หยดเมทิลออเรนจ์ 2-3 หยด เขย่าให้ผสมกันจะได้สารละลายสีเหลือง

4. ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟูริก 0.02 นอร์มอล จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้ม จดปริมาตรของสารละลายกรดซัลฟูริกทั้งหมดที่ใช้ไป

การคำนวณค่าความเป็นด่างของน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

$$\text{ค่าความเป็นด่าง} = \frac{\text{ปริมาตรของกรดซัลฟูริกที่ใช้ X นอร์มอลิตี้ของกรดซัลฟูริกX 50 X 1,000}}{\text{ปริมาตรของน้ำตัวอย่าง}}$$

10. การวิเคราะห์องค์ประกอบเลือด

10.1 การหาค่าฮีมาโตคริต (% haematocrit) (ตามวิธีของ Larsen and Sneizsko, 1961)

1. นำเลือดที่เจาะได้ใหม่ๆ ใส่ในหลอดเล็กๆ สำหรับหาค่าฮีมาโตคริต (microhaema-tocrit capillary tube) ประมาณครึ่งหลอด อุดปลายด้านหนึ่งของหลอดด้วยดินน้ำมัน

2. ปั่นด้วยฮีมาโตคริตเซนตริฟิวจ์ (haematocrit centrifuge) ที่แรงเหวี่ยง 10,000 – 15,000 รอบต่อนาทีนานประมาณ 5 – 10 นาที

3. วัดหาอัตราส่วนของปริมาตรเม็ดเลือดกับปริมาตรเลือดทั้งหมด นำมาคำนวณหาค่า เปอร์เซนต์ฮีมาโตคริตจากสูตร

$$\text{\% ฮีมาโตคริต} = \frac{\text{ปริมาตรของเม็ดเลือดอัดแน่น (มิลลิเมตร) X 100}}{\text{ปริมาตรเลือดทั้งหมด (มิลลิเมตร)}}$$

10.2 การหาค่าฮีโมโกลบินรวม (total haemoglobin)

สารเคมี

สารละลายเดรบกิ้น (Drabkin's solution): เตรียมโดยละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate, $NaHCO_3$) 1 กรัม โปแตสเซียมไซยาไนด์ (potassium cyanide, KCN) 0.05 กรัม และโปแตสเซียมเฟอร์ริกไซยาไนด์ (potassium ferricyanide, $K_3Fe(CN)_6$) 0.20 กรัม ในน้ำกลั่นที่กลั่น 2 ครั้ง จนได้ปริมาตรครบ 1,000 ลิตร เก็บสารละลายที่ได้ไว้ในขวดทึบแสง มีอายุใช้งาน 6 เดือน (ควรเก็บในตู้เย็น)

วิธีการวิเคราะห์

1. ใช้ไมโครปิเปตขนาด 20 ไมโครลิตรดูดเลือดที่เจาะได้ใหม่ๆ มาผสมรวมกับสารละลายเดรบกิ้น 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดีแล้วทิ้งไว้อย่างน้อย 20 นาที

2. นำส่วนใสมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร

3. ค่าที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับค่าฮีโมโกลบินมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้น โดยใช้สารละลายเดรบกิ้นเป็นแบลงค์ (blank)

4. เตรียมฮีโมโกลบินมาตรฐาน (standard haemoglobin) ที่มีความเข้มข้น 0, 4.5, 9 และ 18 กรัมต่อเดซิลิตร (g/dl) นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร

5. นำค่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบินมาตรฐาน และค่าการดูดกลืนแสง(OD) ที่ได้มาเขียนกราฟมาตรฐาน โดยให้ค่าความเข้มข้นอยู่ในแกน X และค่าการดูดกลืนแสงอยู่แกน Y แล้วหาสมการสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (linear regression) เพื่อใช้คำนวณค่าความเข้มข้นของฮีโมโกลบินในเลือด จากค่าการดูดกลืนแสง

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์สถิติของผลการทดลองที่ 1

ตารางภาคผนวกที่ ข. 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการทดลองที่ 1

1.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยโปรตีนในวัตถุดิบ

1.1.1Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: สัมประสิทธิ์การย่อยโปรตีน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3051.616	9	339.068	154.164	.000
Intercept	102707.141	1	102707.141	46697.885	.000
Enzyme	13.932	1	13.932	6.334	.031
Ingredient	3032.011	4	758.003	344.641	.000
Enzyme* Ingredient	5.673	4	1.418	.645	.020
Error	21.994	20	1.179		
Total	105780.751	30			
Corrected Total	3073.610	29			

R Squared = .993 (Adjusted R Squared = .986)

1.1.2 ANOVA

สัมประสิทธิ์การย่อยโปรตีนกากถั่วเหลือง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	11.578	1	11.578	170.283	.000
Within Groups	.272	4	.068		
Total	11.850	5			

1.1.3 ANOVA

สัมประสิทธิ์การย่อยโปรตีนกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.030	1	.030	.017	.902
Within Groups	7.082	4	1.770		
Total	7.112	5			

1.1.4 ANOVA

สัมประสิทธิ์การย่อยโปรตีนรำละเอียด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.093	1	7.093	17.552	.014
Within Groups	1.616	4	.404		
Total	8.709	5			

1.1.4 ANOVA

สัมประสิทธิ์การย่อยโปรตีนข้าวโพด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.789	1	.789	.287	.621
Within Groups	11.000	4	2.750		
Total	11.790	5			

1.1.5 ANOVA

สัมประสิทธิ์การย่อยโปรตีนมันสำปะหลัง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	8.871	1	8.871	16.547	.015
Within Groups	2.144	4	.536		
Total	11.015	5			

1.2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้ง

1.2.1Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: สัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้ง

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1321.993	9	146.888	14.405	.000
Intercept	84245.096	1	84245.096	8262.003	.000
Enzyme	50.370	1	50.375	4.940	.058
Ingredient	1158.386	4	289.622	28.403	.000
Enzyme* Ingredient	113.136	4	28.284	2.774	.050
Error	203.934	20	15.681		
Total	85771.022	30			
Corrected Total	1525.926	29			

R Squared = .866 (Adjusted R Squared = .806)

1.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยฟอสฟอรัสในวัตถุดิบ

1.3.1Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: สัมประสิทธิ์การย่อยฟอสฟอรัส

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	5781.207	9	642.356	13.465	.000
Intercept	57231.058	1	57231.058	1199.636	.000
Enzyme	1674.835	1	1674.835	35.107	.000
Ingredient	2915.072	4	728.768	15.216	.000
Enzyme* Ingredient	884.451	4	221.113	4.635	.020
Error	477.070	20	47.707		
Total	65591.359	30			
Corrected Total	6258.278	29			

R Squared = .924 (Adjusted R Squared = .855)

1.3.2 ANOVA

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยฟอสฟอรัสกากถั่วเหลือง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1271.088	1	1271.088	3524.600	.000
Within Groups	1.443	4	.361		
Total	1272.531	5			

1.3.3 ANOVA

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยฟอสฟอรัสกากเนื้อเมล็ดในปาล์มน้ำมัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	937.250	1	937.250	12924.615	.000
Within Groups	.290	4	.073		
Total	937.540	5			

1.3.4 ANOVA

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยฟอสฟอรัสรำละเอียด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	890.114	1	890.114	10418.819	.000
Within Groups	.342	4	.085		
Total	890.456	5			

1.3.5 ANOVA

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยฟอสฟอรัสข้าวโพด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1806.135	1	1806.135	180613.500	.000
Within Groups	.040	4	.010		
Total	1806.175	5			

1.3.6 ANOVA

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยฟอสฟอรัสมันสำปะหลัง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	615.904	1	615.904	6453.762	.000
Within Groups	.382	4	.095		
Total	616.286	5			

1.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของสัมประสิทธิ์การย่อยพลังงาน

1.4.1Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: สัมประสิทธิ์การย่อยพลังงาน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4261.267	9	26.852	133.385	.000
Intercept	102583.461	1	94574.906	42257.7	.000
Enzyme	4245.503	1	.954	263.35	.120
Ingredient	3.570	4	61.512	4.233	.000
Enzyme* Ingredient	12.194	4	5.419	24.211	.000
Error	27.093	20	22.322		
Total	106871.821	30			
Corrected Total	4288.360	29			

R Squared = .994 (Adjusted R Squared = .991)

1.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าฮีมาโตคริต

1.5.1Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ค่าฮีมาโตคริต

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	646.236	9	71.804	6.743	.000
Intercept	39467.013	1	39467.013	3706.552	.000
Enzyme	438.909	1	438.909	41.220	.000
Ingredient	85.567	4	21.392	2.009	.112
Enzyme* Ingredient	121.759	4	30.440	2.859	.036
Error	425.916	40	10.648		
Total	40539.165	50			
Corrected Total	1072.152	49			

R Squared = .603 (Adjusted R Squared = .513)

1.5.2 ANOVA

ค่าฮีมาโตคริตกากถั่วเหลือง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	881.909	1	881.909	682.632	.000
Within Groups	10.335	8	1.292		
Total	892.244	9			

1.5.3 ANOVA

ค่าฮีมาโตคริตกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	64.161	1	64.161	16.154	.004
Within Groups	31.776	8	3.972		
Total	95.936	9			

1.5.4 ANOVA

ค่าฮีมาโตคริตรำละเอียด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	314.048	1	314.048	10.933	.011
Within Groups	229.790	8	28.724		
Total	543.838	9			

1.5.5 ANOVA

ค่าฮีมาโตคริตข้าวโพด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	106.276	1	106.276	12.424	.008
Within Groups	68.431	8	8.554		
Total	174.707	9			

1.5.6 ANOVA

ค่าฮีมาโตคริตมันสำปะหลัง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	70.331	1	70.331	10.613	.012
Within Groups	53.017	8	6.627		
Total	123.348	9			

1.6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าฮีโมโกลบิน

1.6.1Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ค่าฮีโมโกลบิน

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	19.890	9	2.210	6.609	.000
Intercept	2439.092	1	2439.092	7293.827	.000
Enzyme	7.496	1	7.496	22.417	.000
Ingredient	7.707	4	1.927	5.762	.001
Enzyme* Ingredient	4.687	4	1.172	3.504	.015
Error	13.376	40	.334		
Total	2472.359	50			
Corrected Total	33.266	49			

R Squared = .598 (Adjusted R Squared = .507)

1.5.2 ANOVA

ค่าฮีโมโกลบินกากถั่วเหลือง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.346	1	.346	2.069	.188
Within Groups	1.338	8	.167		
Total	1.684	9			

1.5.3 ANOVA

ค่าฮีโมโกลบินกากเนื้อในเมล็ดปาล์มน้ำมัน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.018	1	.018	.060	.813
Within Groups	2.470	8	.309		
Total	2.488	9			

1.5.4 ANOVA

ค่าฮีโมโกลบินรำละเอียด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	7.992	1	7.992	13.245	.007
Within Groups	4.827	8	.603		
Total	12.820	9			

1.5.5 ANOVA

ค่าฮีโมโกลบินข้าวโพด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.314	1	2.314	3.670	.092
Within Groups	5.044	8	.630		
Total	7.357	9			

1.5.6 ANOVA

ค่าฮีโมโกลบินมันสำปะหลัง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.226	1	3.226	14.469	.005
Within Groups	1.784	8	.223		
Total	5.010	9			

การวิเคราะห์สถิติของผลการทดลองที่ 2

2.1 ANOVA

น้ำหนักเฉลี่ยต่อตัวสัปดาห์ที่ 8

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.226	1	3.226	14.469	.005
Within Groups	1.784	8	.223		
Total	5.010	9			

2.2 ANOVA

น้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	869.327	3	289.776	4.710	.035
Within Groups	492.144	8	61.518		
Total	1361.471	11			

2.3 ANOVA

อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.017	3	.006	4.810	.034
Within Groups	.010	8	.001		
Total	.027	11			

2.4 ANOVA

อัตราการกินอาหาร

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.149	3	.050	.879	.491
Within Groups	.452	8	.057		
Total	.601	11			

2.5 ANOVA

อัตราการรอด

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	41.667	3	13.889	.741	.557
Within Groups	150.000	8	18.750		
Total	191.667	11			

2.6 ANOVA

อัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นเนื้อ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.074	3	.025	1.876	.212
Within Groups	.106	8	.013		
Total	.180	11			

2.7 ANOVA

ประสิทธิภาพการใช้โปรตีน

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.189	3	.063	2.349	.149
Within Groups	.215	8	.027		
Total	.404	11			

2.8 ANOVA

การใช้ประโยชน์จากโปรตีนสุทธิ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	82.651	3	27.550	3.876	.050
Within Groups	56.868	8	7.108		
Total	139.519	11			

2.9 ANOVA

ฟอสฟอรัสในซีรัม

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	10.935	3	3.645	27.000	.004
Within Groups	.540	4	.135		
Total	11.475	7			

2.10 ANOVA

ฟอสฟอรัสในกระดูก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3.093	3	1.031	9.440	.000
Within Groups	2.185	20	.109		
Total	5.278	23			

2.11 ANOVA

เถ้าในกระดูก

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	35.187	3	11.729	2.939	.162
Within Groups	15.964	4	3.991		
Total	51.151	7			

2.12 ANOVA

สัมประสิทธิ์การย่อยวัตถุแห้ง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.896	3	.965	1.835	.219
Within Groups	4.209	8	.526		
Total	7.106	11			

2.13 ANOVA

สัมประสิทธิ์การย่อยฟอสฟอรัส

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1050.218	3	350.073	535.848	.000
Within Groups	5.226	8	.653		
Total	1055.445	11			

2.14 ANOVA

การเก็บสะสมฟอสฟอรัส

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	439.852	3	146.617	17.280	.001
Within Groups	67.879	8	8.485		
Total	507.731	11			

2.15 ANOVA

ฟอสฟอรัสที่ถูกขับทิ้ง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	29.828	3	9.943	10.498	.004
Within Groups	7.577	8	.947		
Total	37.405	11			